

## **ОТЗЫВ ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу

Гебре Тесфалдет Хадгембес

«Моделирование работы тонкостенных стальных профилей в составе пространственных рам с учетом стесненного кручения», представленную к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

**Актуальность темы диссертации** обусловлена широким внедрением в практику современного гражданского строительства пространственных рам из легких стальных элементов и необходимостью создания конечно-элементных моделей, адекватно учитывающих особенности поведения таких конструкций в нелинейных расчетах. Особенностью пространственных рам с жесткими узлами, выполненных из легких профилей с открытыми сечениями, не обладающими двойной симметрией, является то, что при совместном действии осевых деформаций, изгиба и кручения возникают существенные эффекты депланации, которые должны учитываться в расчетах. Обычный анализ рамы с использованием в качестве узловых переменных координат перемещения и поворота не учитывает жесткость элементов при депланации.

### **Содержание диссертации**

В диссертации Гебре Т.Х. разрабатывается унифицированный подход к построению разрешающих уравнений поведения пространственных рам, позволяющих учитывать совместное действие растяжения, изгиба и кручения в пространственных рамах с жесткими узлами, ограничивающими повороты, сечения элементов которых тонкостенны и не имеют осей симметрии. При этом деформации поперечных сечений элементов при действии нагрузки считаются малыми. В предложенном подходе используется единая функция перемещений в поперечном сечении элемента, описывающая комбинированное состояние растяжения-сжатия, изгиба и кручения. Коэффициенты аппроксимирующей

функции подбираются таким образом, чтобы удовлетворялись гипотезы поведения пространственной рамы. В диссертации разработан конечный элемент, учитывающий эффект деформации поперечного сечения.

### **Достоверность и новизна результатов диссертации.**

#### ***Новизна исследования***

В диссертации получены результаты, обладающие научной новизной:

- унифицированный подход к формированию разрешающих уравнений для осевых деформаций, изгиба и кручения элемента при помощи единой функции;
- методика получения аналитических зависимостей для моделирования работы тонкостенных сечений под совместным действием осевых деформаций, изгиба и стесненного кручения с учетом их взаимного влияния;
- модель конечного элемента, основанная на методике автора, позволяющая выполнять расчеты элементов рам с учетом взаимного влияния эффектов осевых деформаций, изгиба и кручения;
- методика и результаты экспериментальных исследований тонкостенного профиля, подвергнутого комбинированному нагружению.

***Достоверность результатов*** исследования подтверждена результатами численных экспериментов, а также результатами экспериментальных исследований тонкостенного профиля, подвергнутого комбинированному нагружению.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения, сформулированные в диссертации основаны на общих принципах теории упругости, гипотезах поведения пространственных рам и корректном использовании математического аппарата. Методологической основой работы послужили нормативная и научно-техническая отечественная и зарубежная литература, экспериментальные и теоретические данные, полученные отечественными и зарубежными учеными в области расчета тонкостенных профилей стальных конструкций с учетом стесненного кручения, а также

исследования, основанные на теории математического моделирования и методе конечных элементов.

Рекомендации, приведенные в диссертации, основаны на выполненных автором численных и экспериментальных исследованиях поведения исследуемых элементов. Результаты диссертационной работы прошли апробацию на международных конференциях и научных семинарах.

### **Ценность для науки и практики результатов работы**

Теоретическая значимость работы заключается в разработке автором нового подхода к построению аналитических моделей и теории расчета тонкостенных балок открытого и замкнутого профиля на стесненное кручение с учетом геометрических характеристик сечения. Автором предложена теоретическая основа для перехода от теории 1-го порядка к теории 2-го порядка. На основе разработанного подхода могут быть построены альтернативные методы нелинейного расчета. Теория может быть положена в основу реализации программной платформы для расчета пространственных рам со значительным стеснением деформации в узлах.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в разработке конечно-элементной методики расчета тонкостенных профилей в условиях стесненного кручения с учетом геометрических характеристик сечений в качестве основных параметров. Полученная методика может успешно применяться для практических расчетов конструкций, подверженных изгибу с кручением.

### **Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати**

По результатам диссертационной работы опубликовано 10 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из них 7 опубликованы в изданиях, индексируемых в БД Scopus. Зарегистрировано 9 программ для ЭВМ.

### **Соответствие работы паспорту специальности**

Содержание диссертации соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.1.9. Строительная механика:

п. 2 «Линейная и нелинейная механика конструкций, зданий и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета»,

п. 4 «Численные и численно-аналитические методы расчета зданий, сооружений и их элементов на прочность, жесткость, устойчивость при статических, динамических, температурных нагрузках и других воздействиях».

### **Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации.**

Автореферат дает достаточно полное представление о выполненном автором исследовании, хорошо структурирован, и снабжен достаточным количеством иллюстраций. Автореферат в достаточной степени отражает основные положения диссертации.

### **Замечания по работе**

1. Цель и научно-техническая гипотеза недостаточно четко отражают суть исследования.

2. Излишнее внимание во второй главе уделено рассмотрению частных случаев деформирования тонкостенных сечений при стесненном кручении в ущерб ясности изложения теории.

3. В диссертации не указано, каким образом геометрия реального узлового соединения будет оказывать влияние на кручение элемента с одной осью симметрии сечения.

Указанные замечания не снижают качества работы, в целом выполненной на высоком уровне.

### **Заключение.**

Диссертационное исследование Гебре Тесфалдет Хадгембес

«Моделирование работы тонкостенных стальных профилей в составе пространственных рам с учетом стесненного кручения» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи разработки методики расчета тонкостенных элементов с различными типами сечений, позволяющей учитывать совместное действие растяжения, изгиба и кручения в пространственных рамах с жесткими узлами, ограничивающими повороты, имеющей важное значение для развития нелинейной теории расчета пространственных стержневых систем. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, согласно п.2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного Ученым советом РУДН протокол № 12 от 23.09.2019г., а её автор, Гебре Тесфалдет Хадгембес, заслуживает присуждения ученой степени технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

**Официальный оппонент:**

Рыбаков Владимир Александрович,  
доцент высшей школы промышленно-гражданского и дорожного  
строительства, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого»,  
кандидат технических наук, специальность: 01.02.04 –  
«Механика деформируемого твердого тела»  
доцент, специальность 05.23.17 – «Строительная механика»

195251, Россия, Санкт-Петербург,  
ул. Политехническая, д. 29  
тел.: +7(812) 297 5949

моб.: +7(911) 829 7767(в том числе мессенджеры WhatsApp, Telegram, Viber)  
Scopus ID: 56296687300



09 декабря 2022